

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 38 16 679 A1

21 Aktenzeichen: P 38 16 679.8  
22 Anmeldetag: 17. 5. 88  
43 Offenlegungstag: 23. 11. 89

51 Int. Cl. 4:  
C02 F 3/00  
C 02 F 3/10  
C 02 F 3/02  
C 02 F 3/28  
// C02F 1/00

Büchereigentum

DE 38 16 679 A1

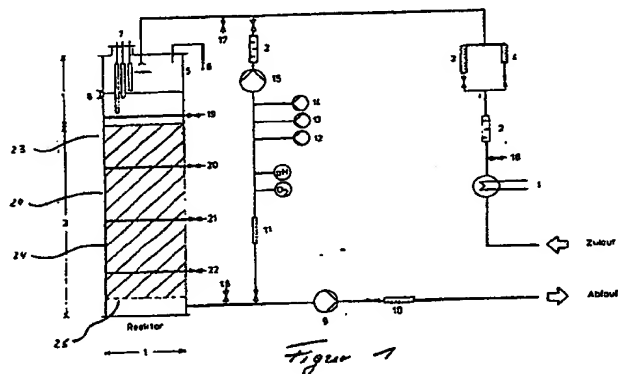
71 Anmelder:  
IBL International Biotechnology Laboratories GmbH,  
6900 Heidelberg, DE  
7A Vertreter:  
Ratzel, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 6800  
Mannheim

72 Erfinder:  
Gloe, Axel, Dr., 6905 Schriesheim, DE; Souw, Peter,  
Dr., 6900 Heidelberg, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur kontinuierlichen Beseitigung von Schadstoffen aus Wässern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Beseitigung von Schadstoffen aus Wässern, dadurch gekennzeichnet, daß man immobilisierte Mikroorganismen verwendet, wobei die Mikroorganismen auf einem porösen Trägermaterial immobilisiert werden.  
Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bestehend aus einem Durchflußreaktor.  
Das Verfahren und die Vorrichtung sind besonders geeignet zur Beseitigung von organischen Verunreinigungen wie halogenierten Kohlenwasserstoffen, Aromaten und Mineralölprodukten.



DE 38 16 679 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Beseitigung von Schadstoffen aus Wässern.

In Wässern sind zahlreiche Schadstoffe vorhanden. So nimmt in Grundwässern die Verunreinigung mit organischen Verbindungen, beispielsweise halogenierten Kohlenwasserstoffen, zu. Dies erfordert beispielsweise bei Wasserwerken den Einbau teurer Aktivkohle-Filter, die häufig erneuert werden müssen.

Andere Reinigungsmethoden sind Durchströmen von Ionenaustauschern, Destillation und Umkehrosmose.

Die Verfahren des Standes der Technik sind teuer, erfordern aufwendige Wartung und Installationen und bieten eine unzureichende Reinigung im Falle von Verunreinigungen mit mehreren Stoffen, wie sie häufig auftreten.

Demgegenüber liegt vorliegender Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur kontinuierlichen Beseitigung von Schadstoffen aus Wässern zu liefern, das effektiv wirksam ist, nur geringe Investitionen erfordert und für eine Vielzahl ansonsten schwierig zu beseitigender, insbesondere organischer Verunreinigungen geeignet ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren der eingangs genannten Gattung dadurch gelöst, daß man immobilisierte Mikroorganismen verwendet.

Besondere Ausführungsformen sind dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroorganismen auf einem porösen Trägermaterial immobilisiert werden, daß man als poröses Material Gasbeton, Sinterglas, Aktivkohle, Blähton, Holzhackschnitzel, Borke, Torf oder dergleichen, allein oder in Kombination, verwendet, daß der Abbau aerob oder anaerob erfolgt, und daß eine Zudosierung von Nährstoffen, gegebenenfalls auch von Sauerstoff und/oder einer Kohlenstoffquelle erfolgt.

Weitere besondere Ausführungsformen sind dadurch gekennzeichnet, daß die Fermentations- und Lebensbedingungen, wie Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration, Redoxpotential und dergleichen überwacht und gegebenenfalls reguliert werden, daß ein Betrieb im Durchfluß und/oder Kreislauf erfolgt, daß ein Betrieb in einer Kombination von Durchfluß und Kreislauf erfolgt, und daß einen Betrieb aufwärtsfließend oder abwärtsfließend erfolgt.

Beansprucht wird weiterhin eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus einem Reaktor 23 mit Trägermaterialschüttung 24, auf einer Lochplatte 25 besteht, der mit Dosierpumpen 12, 13, 14, Heizung 1, Mischer 2, Rotametern 3, 4, Prallplatte 5, Überlauf 6, Leitfähigkeitselektroden 7, Austragspumpe 9, Hähnen 16, 17, 18, Probenahmeverrichtungen 19, 20, 21, 22 und Kreislaufpumpe 15 besteht.

Das Verfahren ist besonders geeignet zur Beseitigung von organischen Schadstoffen wie halogenierten Kohlenwasserstoffen, Aromaten und Mineralölprodukten.

Mikroorganismen, die aus Schadensfällen (Altlasten) angereichert und isoliert werden, können Eigenschaften erworben haben, die einen Teilabbau der genannten Stoffe bewirken. Diese Mikroorganismen werden unter Belastung durch den später abzubauenen Stoff isoliert und weiter kultiviert, um eine Verstärkung der erwünschten Eigenschaften zu erreichen. In Laborexperimenten werden anschließend die Nährstoffbedürfnisse der Mikroorganismen geklärt, um Voraussetzungen für

einen erfolgreichen Abbau im Filter zu erarbeiten. Für einen derartigen Einsatz kommen folgende Bakterien in Frage:

- Aeromonas/Achromobacter/Acinetobacter/Alcaligenes/Arthrobacter
- Bacilli/Enterobacter/Kurthia/Micrococcus/Moraxella
- Pseudomonaden/Serratia/Streptococcus/Xanthomonas.

Ein Abbau der o. g. Substanzen wird aber auch durch Pilze bzw. Hefen und durch Cyanobakterien erreicht.

Das vorgestellte Verfahren ist ein "Festbettverfahren", bei dem die Mikroorganismen auf einem porösen Trägermaterial immobilisiert werden.

Als Trägermaterialien lassen sich fast alle porösen Materialien verwenden, wie z. B.:

- Gasbeton
  - Sinterglas
  - Aktivkohle
  - Blähton
- auch Holzhackschnitzel, Borke oder Torf sind einsetzbar.

Als besonders günstig haben sich Kombinationen, wie z. B. Aktivkohle/Blähton herausgestellt.

Je nach Schadstoff kann der Abbau aerob oder anaerob erfolgen.

Neben dem Einsatz speziell gezüchteter Mikroorganismen, wie oben beschrieben, kann sinnvoll sein, im Reaktor bestimmte Milieubedingungen einzustellen und mit der "sich im Schadensfall automatisch einstellenden Biologie" zu arbeiten. Für beide Methoden ist eine Zudosierung von Nährstoffen, wie z. B.:

- Kohlenstoff
- Stickstoff
- Phosphat
- Kalium etc.

und je nach Verfahren von Sauerstoff und/oder einer Kohlenstoffquelle notwendig.

Einzelne Größen, wie z. B.:

- pH-Wert
- Leitfähigkeit
- Sauerstoffkonzentration
- Redoxpotential
- Temperatur

müssen während des Betriebes überwacht werden.

Einzelne Mikroorganismen benötigen Temperaturen von 30–37°, um optimale Abbauleistung zu erreichen. Daher sollte eine Heizung vorhanden sein.

Ausgezeichnet ist das Verfahren durch die universellen Möglichkeiten der Betriebsweise. Hier soll nur auf einige verschiedene Möglichkeiten hingewiesen werden:

1. Betrieb im Durchfluß
2. Betrieb im Kreislauf
3. Kombination beider Verfahren
4. Aufwärtsfließend
5. Abwärtsfließend

Als günstig für den Einsatz einer gezielten Mikrobio-

logie hat sich folgende Kombination erwiesen:

Zur Beimpfung des Reaktors und zur Immobilisation von Mikroorganismen auf Trägermaterialien sollte allein eine Kreislaufführung für einige Tage verwendet werden. Zum Hochfahren des Reaktors auf Betriebsbedingungen sollte eine Kombination aus Kreislauf und Durchfluß bei langsam steigender Durchflußrate gewählt werden.

Unter Betriebsbedingungen ist eine kombinierte Fahrweise aus Kreislauf und Durchfluß oder nur Durchfluß möglich. Wir bevorzugen auch bei Betriebsbedingungen die Kombination, da auf diese Weise im Kreislauf folgendes recht einfach bewerkstelligt werden kann:

1. Zudosierung der Nährstoffe
2. Messung von Soll-Parametern
3. Teil-Schlammrückführung
4. Nachimpfung

Die Fig. 1 zeigt in schematischer Form eine beispielhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

In der Fig. 1 lassen sich die Einzelheiten der Vorrichtung erkennen; im gezeigten und beschriebenen Beispiel ist die Fließrichtung von oben nach unten gezeigt.

Die Anlage besteht aus einem beispielsweise aus PE-Wickelrohr (auch andere Baustoffe sind möglich) gefertigten Reaktor mit einer Trägermaterialschüttung (in diesem Fall etwa 150 l), die auf einer Lochplatte aufliegt. Zur Beimpfung der Anlage fließt Wasser aus dem unteren Teil des Reaktors über die Positionen 18, 11, 15, 2 und 17 des Kreislaufs oben in den Reaktor zurück. Hierbei lassen sich über die Dosierpumpen 12 - 14 Nährstoffe, Sauerstoffträger und Mikroorganismen zudosieren. Die Messung einzelner physikalischer Größen (hier pH-Wert und Sauerstoff) dienen der Beurteilung der im Reaktor ablaufenden Prozesse und der Steuerung der Zudosierung. Die Kreislaufpumpe 15 sollte eine Förderleistung von ca. 10 % der maximalen Durchlaufleistung des Reaktors aufweisen.

Beim Betrieb der Anlage fließt der Hauptwasserstrom durch die Anlage hindurch vom Zu- zum Ablauf. Zur Vorbereitung des einfließenden Wassers sind, neben der Heizung 1, dem statischen Mischer 2 und der Rotameter-Kombination für starken 3 und schwachen 4 Zulauf, die Positionen 5, 16 und 7 zu erwähnen. Die Prallplatte 5 dient der gleichmäßigen Verteilung des zufließenden Wassers im Reaktor. Die Leitfähigkeitselektroden 7 steuern in Abhängigkeit vom durch den Zulauf beeinflussten Wasserstand den Betrieb der Austragspumpe 9. Der Überlauf 6 ist als Sicherheit bei Verstopfung des Reaktors oder bei Ausfall der Austragspumpe bzw. deren Regelung vorgesehen. über das Rotameter 10 ist die ausgetretene Wassermenge zu erfassen.

Die Probenhähne sind in der aufgeführten Vielzahl für eine Pilotanlage nötig. In einer Betriebsanlage würde man weniger Probennahmemöglichkeiten vorsehen. Im einzelnen sind die Hähne 16 und 18 für die Kontrolle des Zu- und Ablaufs und Hahn 17 für die Kontrolle des Zulaufs aus dem Kreislauf in jedem Fall vorzusehen. Die Probennahmestellen innerhalb des Reaktors sind je nach Bedarf des Anwenders einzubauen. Die Probennahmenvorrichtungen 19 bis 22 innerhalb des Reaktors zeichnen sich noch zusätzlich dadurch aus, daß sie mit einem teilweise perforierten Rohr zur direkten Probenahme im Zentrum des Reaktors verbunden sind. Dieses Rohr ist nur im mittleren Bereich des Reaktors entgegen der Fließrichtung des Wassers geschlitzt, um:

1. Wandeffekte zu vermeiden (inhomogenes Verhalten des Wassers und der Trägermaterialien in der Nähe der Außenwand des Reaktors/Abkühlung an der Außenwand/etc.).
2. Feinmaterial der Trägermaterialschüttung nicht über die Probennahme auszutragen und
3. Verstopfungen zu vermeiden.

Im unteren Bereich des Reaktors ist vorgesehen, über Saugkerzen das auszutragende Wasser abzuführen. Bei starker Schlamm Bildung kann es nötig sein, Kreislauf und Durchlauf voneinander zu trennen und den Kreislauf ohne Saugkerzen zu betreiben, um eine optimale Schlammrückführung zu erreichen.

Die Größenverhältnisse des Reaktors sollten sich in etwa in der Größenordnung Durchmesser 1 Teil zu 4 Teile Höhe verhalten. Etwa 2,5 Teile des Reaktors sollten mit Trägermaterial gefüllt sein, 0,5 Teile Freiraum Luft, 0,5 Teile Freiraum Wasser im oberen Bereich und weitere 0,5 Teile Freiraum Wasser im unteren Bereich (vergleiche Fig. 1).

Liste der Bezugszeichen:

- 25 Durchlauf:
- 1 elektrische Heizung
  - 2 statischer Mischer
  - 3 Rotameter
  - 4 Rotameter
  - 5 Prallplatte
  - 6 Überlauf
  - 7 Leitfähigkeitselektroden
  - 8 Flüssigkeitsstand (oberer/unterer)
  - 9 Austragspumpe
  - 35 10 Rotameter
- Kreislauf
- 2 statischer Mischer
  - 11 Rotameter
  - 40 12-14 Dosierpumpen
  - 15 Kreislaufpumpe

- Reaktor:
- 16-18 Probenahmehähne
  - 45 19-22 Probenahmehähne mit durchgehendem, nur in der Mitte unten geschlitztem Rohr
  - 23 Bioreaktor
  - 24 Trägermaterialschüttung
  - 25 Lochplatte

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen Beseitigung von Schadstoffen aus Wässern, **dadurch gekennzeichnet**, daß man immobilisierte Mikroorganismen verwendet.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikroorganismen auf einem porösen Trägermaterial immobilisiert werden.
3. Verfahren gemäß Ansprüchen 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß man als poröses Material Gasbeton, Sinterglas, Aktivkohle, Blähton, Holzhackschnitzel, Borke, Torf oder dergleichen, allein oder in Kombination, verwendet.
4. Verfahren gemäß Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Abbau aerob oder anaerob erfolgt.
5. Verfahren gemäß Ansprüchen 1 bis 4, dadurch

gekennzeichnet, daß eine Zudosierung von Nährstoffen, gegebenenfalls auch von Sauerstoff und/oder einer Kohlenstoffquelle erfolgt.

6. Verfahren gemäß Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Fermentations- und Lebensbedingungen, wie Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffkonzentration, Redoxpotential und dergleichen überwacht und gegebenenfalls reguliert werden. 5

7. Verfahren gemäß Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Betrieb im Durchfluß und/oder Kreislauf erfolgt. 10

8. Verfahren gemäß Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Betrieb in einer Kombination von Durchfluß und Kreislauf erfolgt. 15

9. Verfahren gemäß Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Betrieb aufwärtsfließend oder abwärtsfließend erfolgt.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus einem Reaktor (23) mit Trägermaterialschüttung (24) auf einer Lochplatte (25) besteht, der mit Dosierpumpen (12, 13, 14), Heizung (1), Mischer (2), Durchflußmesser (3, 4), Prallplatte (5), Überlauf (6), Niveauregulierung (7), Austragspumpe (9), Probenahmeverrichtungen (16-22) und Kreislaufpumpe (15) besteht. 20 25

30

35

40

45

50

55

60

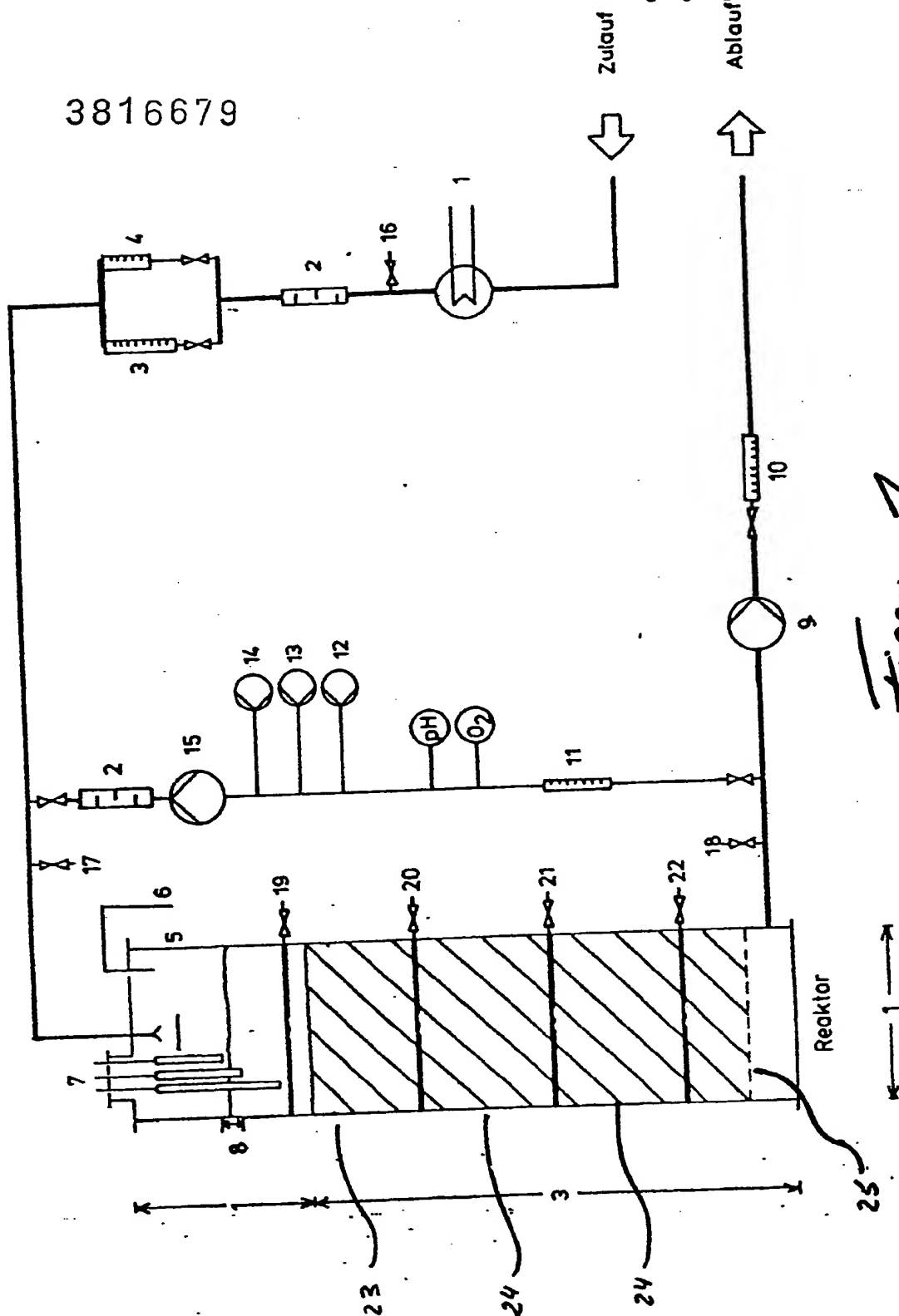
65

Nummer:  
 Int. Cl.4:  
 Anmeldetag:  
 Offenlegungstag:

38 16 679  
 C 02 F 3/00  
 17. Mai 1988  
 23. November 1989

13 \*

3816679



- Leerseite -